



L'entrellacament podria augmentar la potencia de les bateries quantiques, pero amb un preu a pagar

Un equip internacional d'investigadors ha demostrat que l'augment de potencia obtingut en bateries quantiques gracies a l'entrellacament pot tenir un cost en termes de fiabilitat. Segons aquest estudi, publicat a PRX Quantum, les futures bateries quantiques hauran d'optimitzar simultaniament velocitat, potencia i estabilitat.

September 16, 2026

A mesura que les tecnologies modernes i, en particular, les tecnologies quantiques avancin cap a la miniaturitzacio, les fonts d'energia capaces d'operar en aquestes mateixes escales diminutes i dins el regim quantic seran cada cop mes necessaries. El 2013 es va proposar que unes bateries electricques que funcionessin segons principis quantics (les anomenades **bateries quantiques**) serien ideals per dur a terme aquesta tasca. Des de llavors, investigadors i investigadores d'arreu del mon han estudiat (per ara només des del punt de

vista teòric) amb quina rapidesa es pot carregar una bateria quàntica i com els efectes quàntics, en particular l'entrellacament de molts cossos, poden potenciar aquesta capacitat. Els resultats preliminars suggereixen que, efectivament, l'entrellacament marca una diferència. Tanmateix, fa uns mesos, un equip internacional d'investigadors, entre ells el **professor Maciej Lewenstein de l'ICFO**, va començar a plantejar-se una pregunta: i si aquest augment de potencia ve acompanyat d'una incertesa més gran? Al cap i a la fi, la incertesa és al fonament mateix de la realitat quàntica. Ho vam aprendre de Heisenberg fa cent anys, quan va formular les seves relacions d'incertesa, segons les quals certs parells de magnituds físiques (com la posició i el moment) no es poden conèixer simultàniament amb precisió il·limitada. Vam aprendre, així doncs, que aquestes propietats experimenten fluctuacions quàntiques i que, per tant, la precisió perfecta és inassolible.

Guiats per aquesta pregunta, que alimentava una curiositat científica genuïna, els investigadors finalment van descobrir que, **en una bateria quàntica, el treball proporcionat i la seva potencia no poden ser arbitràriament fiables alhora**, un descobriment que s'acaba de publicar a PRX Quantum. "Aquest compromís fonamental és la manifestació operacional de la incertesa quàntica aplicada a la càrrega i descàrrega de bateries", explica el Dr. Tanmoy Pandit, investigador del VTT Technical Research Centre de Finlàndia que va participar en l'estudi.

Aquests resultats demostren que **"l'entrellacament realment pot proporcionar un avantatge en potencia, però també pot reduir com de fiable és aquest avantatge"**, afirma el Dr. Nath Bera, investigador de l'Indian Institute of Science Education and Research (IISER) i autor principal de l'article. Això vol dir que una bateria pot carregar-se ràpidament de mitjana, mentre que la seva potencia instantània fluctua de manera considerable entre un ús i el següent.

Per això, els autors suggereixen que aquells protocols híbrids que facin servir l'entrellacament de manera equilibrada podrien oferir un compromís entre velocitat i estabilitat més bo. "Maximitzar únicament la velocitat de càrrega pot no ser suficient" assenyala el Dr. Brij Mohan, investigador de la Universitat d'Oulu i primer autor de l'article. "L'hora de dissenyar les futures bateries quàntiques, els enginyers probablement hauran d'optimitzar simultàniament l'energia emmagatzemada, la potencia de càrrega, les fluctuacions i la fiabilitat".

Ara l'equip té la intenció d'investigar com es comporten aquests límits en la fiabilitat sota condicions més realistes. Per exemple, deixant que els sistemes quàntics interactuin amb el seu entorn i, en conseqüència, pateixin decoherència, dissipació, errors de control i mesuraments imperfectes. "El soroll ambiental reforça o debilita aquest compromís entre la fiabilitat del treball i la potencia?", es pregunta el Prof. Maciej Lewenstein. "Aquesta és, precisament, la següent qüestió que intentarem resoldre".

Referència:

Mohan, B., Pandit, T., Lewenstein, M., Bera, M. N., Fundamental Limitations on the Reliabilities of Power and Work in Quantum Batteries, Phys. Rev. X Quantum, **7**, 033057 (2026).

Agraiments:

BM acknowledges funding by the Research Council of Finland by grant no 355824. TP acknowledges research funding from the QVLS-Q1 consortium, supported by the Volkswagen Foundation and the Ministry for Science and Culture of Lower Saxony and also the Research Council of Finland for funding through Grant No. 359284/Finnish Quantum Flagship. ML acknowledges support from: MCIN/AEI (PGC2018-0910.13039/501100011033, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National STAMEENA PID2022-139099NB, project funded MCIN and by the $\frac{1}{2}$ European Union NextGenerationEU/PRTRi $\frac{1}{2}$ (PRTR-C17.I1), FPI); Ministry for Digital Transformation and of Civil Service of the Spanish Government through the QUANTUM ENIA project call - Quantum Spain project, and by the European Union through the Recovery, Transformation and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda; CEX2024-001490-S [MICIU/AEI/10.13039/501100011033]; Fundació Cellex; Fundació Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Social Fund FEDER and CERCA program; Barcelona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2023-3-0024); Funded by the European Union (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA, PASQuanS2.1, 101113690, EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTologic, Grant No 899794, QUATTO, 101168628), EU Horizon Europe Program (No 101080086 NeQSTGrant Agreement 101080086 - NeQST).